

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **113 024** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G01T 1/20 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 28.09.2015)
Пошлина: учтена за 1 год с 26.09.2011 по 26.09.2012

(21)(22) Заявка: [2011139261/28](#), 26.09.2011(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.09.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.09.2011

(45) Опубликовано: [27.01.2012](#) Бюл. № 3

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Шульгин Борис Владимирович (RU),
Зыков Павел Григорьевич (RU),
Ищенко Алексей Владимирович (RU),
Шутов Олег Николаевич (RU),
Благовещенский Михаил Николаевич
(RU),
Гребняк Валерий Григорьевич (RU),
Черепанов Александр Николаевич (RU),
Гадельшин Вадим Маратович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU),
Общество с ограниченной
ответственностью "ГАММА" (RU)

(54) ДЕТЕКТОР НЕЙТРОНОВ

(57) Реферат:

Использование: для дистанционного радиационного контроля и обнаружения источников нейтронов широкого спектра энергий, особо источников нейтронов на основе делящихся материалов и изделий из них при решении профессиональных задач службами Госатомнадзора и МЧС, а также службами специального технического контроля и радиационной разведки,. Сущность: Детектор нейтронов, содержащий размещенные в едином корпусе параллельно друг другу газоразрядные ³He-счетчики и замедлитель нейтронов из водородсодержащего материала, выполненный в виде составного полого цилиндра, состоящего из прижатых друг к другу полуцилиндров, причем газоразрядные счетчики располагаются на их внешней стороне в один или два слоя вокруг боковой поверхности каждого из полуцилиндров, а также содержащий модуль управления и обработки сигналов, дополнительно содержит размещенный между полуцилиндрами замедлителя отражатель-размножитель нейтронов, изготовленный в виде двухслойной пластины, состоящей из слоя тяжелого металла и слоя бериллийсодержащего материала в виде металлического бериллия или керамического оксида бериллия. Технический результат: повышение (вследствие увеличения эффективности регистрации нейтронов широкого спектра энергий) дальности обнаружения источников нейтронов

различного типа, особо источников нейтронов в виде делящихся материалов и изделий из них.

Заявляемая полезная модель детектора нейтронов относится к области дистанционного радиационного контроля делящихся материалов (ДМ) и изделий из них. Предлагаемая полезная модель детектора нейтронов пригодна для решения задач службами Госатомнадзора и радиационной разведки, а также службами МЧС с использованием стационарных и мобильных комплексах дистанционного радиационного контроля автомобильного, морского, корабельного и вертолетного базирования, предназначенных для поиска и обнаружения ДМ и изделий из них, а также для поиска и обнаружения нейтронных источников других типов.

Известен детектор нейтронов и гамма-лучей (патент РФ №96107590 от 27.07.1998 г. МПК G01T 1/00, 3/06 авторы Б.В.Шульгин, Д.Б.Шульгин, Л.В.Викторов и др., заявитель УГТУ-УПИ (ныне УрФУ); патент РФ №2207592 от 27.06.2003 г. заявитель НПЦ «Аспект»), содержащий блок (набор) газоразрядных ^3He -счетчиков и замедлитель нейтронов из водородосодержащего материала, а также модуль управления и обработки сигналов. Однако известный детектор, имеющий в качестве чувствительных элементов газоразрядные ^3He -счетчики, способные регистрировать только тепловые нейтроны, обладает недостаточно высокой чувствительностью и эффективностью регистрации нейтронов широкого спектра энергий, испускаемых делящимися материалами (область спектра нейтронов деления $0,3 \div 10$ МэВ, основная энергетическая группа нейтронов спектра деления приходится на область $2,5 \div 4$ МэВ).

Известен детектор нейтронов сцинтилляционного типа (патент №4482808 США). Детектор содержит однокристалльный сцинтиллятор и блок обработки информации. Однако чувствительность нейтронных детекторов сцинтилляционного типа гораздо ниже (в 4-5 раз) чувствительности нейтронных детекторов на основе газоразрядных ^3He -счетчиков. Известный сцинтилляционный детектор нейтронов имеет невысокую эффективность регистрации нейтронов спектра деления.

Известен детектор нейтронов на основе ^6Li -силикатного стеклянного сцинтиллятора (патент РФ №2272301, МПК G01T 1/00, 1/20, 3/06, авторы Д.В.Райков, Б.В.Шульгин, В.И.Арбузов и др. опубл. 20.03.2006 г. Бюл. №8), включающий, кроме сцинтиллятора, замедлитель нейтронов, фотоприемное устройство и блок обработки информации. Однако для известного детектора эффективность регистрации тепловых нейтронов, определяемая сечением реакции $^6\text{Li} (n, \alpha) ^3\text{H}$ равным 940 барн, невысокая по сравнению с чувствительностью детекторов на основе газоразрядных ^3He -счетчиков, для которого сечение захвата тепловых нейтронов около 4000 барн. Из-за того, что быстрые и промежуточные нейтроны таким детектором не регистрируются, а сечение захвата тепловых нейтронов невысоко, эффективность регистрации нейтронов широкого спектра энергий, испускаемых ДМ, для известного детектора невысокая.

Наиболее близким к заявляемому является детектор нейтронов, пригодный для обнаружения делящихся материалов, с использованием стационарных и мобильных комплексов дистанционного радиационного контроля различного базирования (патент РФ №100294 на полезную модель, авторы Б.В.Шульгин, М.Н.Благовещенский, О.Н.Шутов и др. МПК G01T 1/00, 1/20, 3/06, опубл. 10.12.2010 г. Бюл. №34), содержащий размещенные в едином корпусе параллельно друг другу газоразрядные ^3He -счетчики и замедлитель нейтронов из водородсодержащего материала, выполненный в виде составного полого цилиндра, состоящего из прижатых друг к другу полуцилиндров, причем газоразрядные счетчики располагаются на их внешней стороне в один или два слоя вокруг боковой поверхности каждого из полуцилиндров, а также содержащий модуль управления и обработки сигналов, состоящий из двух блоков, каждый из которых связан с ^3He -газоразрядными счетчиками, принадлежащими соответственно первому и второму полуцилиндрам замедлителя. Однако известный детектор нейтронов на базе ^3He -счетчиков, способный регистрировать только тепловые нейтроны, обладает недостаточно высокой чувствительностью и эффективностью регистрации нейтронов спектра давления, поскольку значительная часть быстрых и промежуточных нейтронов первичного потока нейтронов, испускаемых делящимися материалами, остающаяся в анализируемом потоке нейтронов в зоне контроля, таким детектором не чувствуется и не регистрируется.

Задачей предлагаемой полезной модели является разработка детектора нейтронов на базе ^3He -счетчиков, обладающего более высокой чувствительностью и

эффективностью регистрации нейтронов широкого спектра энергий, испускаемых делящимися материалами и изделиями из них.

Поставленная задача решается с учетом пространственного и энергетического распределения нейтронов, испускаемых делящимися материалами, в воздухе за счет того, что детектор нейтронов, содержащий размещенные в едином корпусе параллельно друг другу газоразрядные ^3He -счетчики и замедлитель нейтронов из водородсодержащего материала, выполненный в виде составного полого цилиндра, состоящего из прижатых друг к другу полуцилиндров, причем газоразрядные счетчики располагаются на их внешней стороне в один или два слоя вокруг боковой поверхности каждого из полуцилиндров, а также содержащий модуль управления и обработки сигналов, дополнительно содержит размещенный между полуцилиндрами замедлителя отражатель-размножитель нейтронов, изготовленный в виде двухслойной пластины, состоящей из слоя тяжелых металлов и слоя бериллийсодержащего материала в виде металлического бериллия или керамического оксида бериллия.

Схема предполагаемого детектора нейтронов приведена на Фиг.1. На схеме приведены основные элементы предлагаемого детектора нейтронов: размещенные в едином корпусе (корпус на Фиг.1 не показан) параллельно друг другу газоразрядные ^3He -счетчики 1, удерживаемые с помощью элементов крепежа 2, замедлитель нейтронов 3 из водородсодержащего материала, выполненный в виде составного полого цилиндра, состоящего из двух прижатых друг к другу полуцилиндров, причем газоразрядные счетчики располагаются на внешней стороне полуцилиндров в один слой (для данного примера), дополнительный отражатель-размножитель нейтронов 4, а также модуль управления и обработки сигналов, состоящий из двух блоков 5 и 6. Набор газоразрядных ^3He -счетчиков может содержать от 10 (и менее) до 24 (и более) счетчиков. На Фиг.1 в качестве примера показан однослойный блок из 18 ^3He -счетчиков, расположенных по образующей цилиндра.

Дополнительный отражатель-размножитель нейтронов 4 в приведенном примере изготовлен в виде двухслойной пластины, состоящей из слоя нержавеющей стали, а также слоя металлического бериллия или слоя керамического оксида бериллия. Слой из нержавеющей стали служит отражателем для быстрых нейтронов, а слой из керамического оксида бериллия служит отражателем для тепловых нейтронов и одновременно служит множителем для быстрых ($>2,5$ МэВ) нейтронов вследствие (n, 2n)-реакции.

Для работы предлагаемый детектор нейтронов помещают в поле нейтронного излучения, создаваемого делящимися материалами или другими нейтронными источниками, подлежащими обнаружению. Оценка пространственного и энергетического распределения нейтронов в воздухе, испускаемых подлежащими обнаружению делящимися материалами, проведена и описана ниже с использованием известных методик (А.Н. Климов. Ядерная физика и ядерные реакторы. М.: Энергоатомиздат. 1985. 352 с. Материалы ядерные делимые. Термины и определения. ГОСТ 22574-77. М.: Стандартиздат. 1977. С.М.Фейнберг, С.Б.Шихов, В.Б.Троянский. Теория ядерных реакторов т.1. Элементарная теория реакторов. Москва. Атомиздат. 1978. 400 с.) при следующих условиях и приближениях:

- Воздух моделируется сплошной азотной средой.
- Рассматривается третья (основная) энергетическая группа нейтронов в приближении 26 группового разбиения спектра деления нейтронов, интервал энергий третьей группы 2,5-4 МэВ, средняя энергия этих нейтронов приближенно равна $E_{\text{ср}}=3$ МэВ.

- Доля третьей энергетической группы в спектре деления $\xi=0,188$.
- Давление в азотной среде - 1 бар, температура 300 К.
- Массовая плотность азота, $\rho=1,12 \cdot 10^{-3}$ г/см³.
- Массовое число для азота $M=14$.
- Микроскопическое сечение рассеяния нейтронов на ядрах азота $\sigma_s=1,45$ барн.
- Микроскопическое сечение перевода нейтронов за счет упругого рассеяния из третьей группы в нижележащие группы $\sigma_R=0,4$ барн.
- Микроскопическое сечение радиационного захвата $\sigma_C=0,2$ барн.
- Средний косинус рассеяния $\text{Cos}\Theta=0,21$.
- Микроскопическое сечение транспортное $\sigma_{\text{STR}}=\sigma_s \cdot (1-\text{Cos}\Theta)$.
- Средний логарифм потери энергии на один акт рассеяния $-\Theta=0,113$.
- Ядерная плотность азота
$$N_A = \frac{\rho}{M} N_A = \frac{1,12 \cdot 10^{-3}}{14} 6,02 \cdot 10^{23} = 4,8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$$
- Макроскопическое сечение рассеяния $\Sigma_s=\sigma_s \cdot N_A=6,95 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$.

- Макроскопическое сечение транспортное $\Sigma_{STR} = \sigma_{STR} \cdot N_J = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$.

При этих приближениях возраст нейтронов τ в азотной среде для третьей энергетической группы в интервале энергий от $E_{cp} = 3 \text{ МэВ}$ до энергий нейтронов, соответствующих тепловой группе $E_T = 0,0253 \text{ эВ}$, может быть определен по формуле:

$$\tau(E_{cp} \rightarrow E_m) = \frac{1}{3 \cdot \Theta \Sigma_s \cdot \Sigma_{STR}} \ln \frac{E_{cp}}{E_m} = \frac{1}{3 \cdot 0,113 \cdot 6,95 \cdot 10^{-5} \cdot 5,5 \cdot 10^{-5}} \ln \frac{3 \cdot 10^6}{0,0253} = 0,077 \cdot 10^{10} \cdot 18,6 = 1,44 \cdot 10^{10} \text{ см}^2$$

Среднюю длину миграции таких нейтронов в тепловую группу определим из выражения

$$\bar{r} = \sqrt{6\tau} = \sqrt{6 \cdot 1,44 \cdot 10^{10}} = 2,93 \cdot 10^5 \text{ см} \approx 3 \text{ км}.$$

Микроскопическое сечение упругого рассеяния для ядер азота растет по мере уменьшения энергии нейтронов и стабилизируется для энергий (5 кэВ, при этом его величина составляет ~ 10 барн. Эта величина использовалась при оценке предельной минимальной длины миграции нейтронов третьей энергетической группы.

Дополнительно были определены:

Макроскопическое сечение рассеяния $\Sigma_s = \sigma_s \cdot N_J = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}$.

Микроскопическое сечение транспортное $\sigma_{STR} = \sigma_s \cdot (1 - \cos \Theta) = 10 \cdot (1 - 0,21) = 7,9$ барн.

Макроскопическое сечение транспортное -

$$\Sigma_{STR} = \sigma_{STR} \cdot N_J = 7,9 \cdot 10^{-24} \cdot 4,8 \cdot 10^{19} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}.$$

Далее был определен возраст нейтронов - τ в азотной среде для третьей энергетической группы в интервале энергий от $E_{cp} = 3 \text{ МэВ}$ до энергий нейтронов, соответствующих тепловой группе $E_T = 0,0253 \text{ эВ}$ при максимально возможной эффективности замедления:

$$\tau(E_{cp} \rightarrow E_m) = \frac{1}{3 \cdot \Sigma_s \cdot \Sigma_{STR}} \ln \frac{E_{cp}}{E_m} = \frac{1}{3 \cdot 0,113 \cdot 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot 3,8 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{3 \cdot 10^6}{0,0253} = 0,16 \cdot 10^8 \cdot 18,6 = 3 \cdot 10^8 \text{ см}^2$$

Это позволяет определить (оценить) среднюю длину миграции таких нейтронов \bar{r} в тепловую группу с помощью выражения:

$$\bar{r} = \sqrt{6\tau} = \sqrt{6 \cdot 3 \cdot 10^8} = 4,24 \cdot 10^4 \text{ см} \approx 0,42 \text{ км}.$$

Для предельной минимальной длины миграции нейтронов в тепловую группу при грубой оценке можно предположить равенство транспортного сечения сечению рассеяния, тогда средняя длина миграции таких нейтронов в тепловую группу оказывается равной $3,76 \cdot 10^4 \text{ см} \approx 0,37 \text{ км}$.

Таким образом, проведены оценки предельно- минимальных 0,37-0,41 км, и максимальных значений, 3 км, длин миграции нейтронов в тепловую группу. Реальные значения этих величин будут ближе к 0,6-0,8 км. Расчеты показывают, что если нейтронный детектор находится от источника на расстоянии 0,37-3 км, до него доходит только 4-5% нейтронов, замедлившихся до тепловой энергии 0,0253 эВ. При исходной плотности потока (от подлежащего обнаружению) источника нейтронов $10^3 - 10^4 \text{ н/см}^2 \cdot \text{с}$ это составляет от 10 до 100 тепловых нейтронов в точке регистрации, что позволяет их достаточно надежно регистрировать. При этом быстрые нейтроны, достигающие, как и нейтроны, замедлившиеся до тепловых энергий, точки контроля, детектором не регистрируются, если нет замедлителя.

Из нейтронов спектра деления, входящих в третью энергетическую группу, непосредственно остаются в ней до процесса термализации, как показывают оценки, около 13% нейтронов. Суммарная же доля нейтронов с энергией более 2,5 МэВ в спектре деления составляет порядка 30%. Если увеличить эффективность регистрации этой доли нейтронов, то будет существенно увеличена суммарная эффективность регистрации нейтронов широкого спектра энергий. Для этой цели в предлагаемом детекторе нейтронов имеется не только замедлитель нейтронов, но и отражатель-размножитель нейтронов, что повышает эффективность регистрации нейтронов спектра деления. Предлагаемый детектор работает следующим образом. Тепловые нейтроны от источника нейтронов (ДМ) спектра деления (0,3-10 МэВ, замедлившиеся до тепловых энергий 0,0253 эВ, непосредственно регистрируются газоразрядными ^3He -счетчиками. Роль элементов (слоев) отражателя-замедлителя сводится к следующему. Слой бериллийсодержащего материала, во-первых, увеличивает плотность потока группы быстрых нейтронов, имеющих энергию $E > 2,5 \text{ МэВ}$ в 2 раза вследствие реакции (n, 2n) и соответственно увеличивает долю нейтронов, мигрирующих в тепловую групп, то есть увеличивает эффективность

регистрации первичных нейтронов спектра деления. Кроме того, металлический бериллий или его оксид являются идеальными отражателями для тепловых нейтронов и возвращают значительную часть тепловых нейтронов в зону действия ^3He -счетчиков, что также увеличивает эффективность регистрации исходных, первичных нейтронов спектра деления, испускаемых делящимися материалами. Слой отражателя-размножителя из тяжелых металлов (в приведенном примере из нержавеющей стали) вызывает эффективное отражение быстрых нейтронов первичного потока, их возврат в зону действия замедлителя из водородсодержащего материала, последующего замедления до тепловых энергий, возврат и регистрацию в зоне действия ^3He -счетчиков, что повышает общую эффективность регистрации нейтронов спектра деления предлагаемым детектором нейтронов. Суммарный эффект увеличения эффективности регистрации нейтронов спектра деления предлагаемым детектором нейтронов по максимальной оценке равен 100-250%, по минимальной оценке повышение эффективности составит не менее 40÷80%.

Предлагаемый детектор нейтронов (вследствие увеличения эффективности регистрации нейтронов широкого спектра энергий) обеспечивает новый технический результат: повышение дальности обнаружения источников нейтронов различного типа, особо источников нейтронов широкого спектра энергий в виде делящихся материалов и изделий из них.

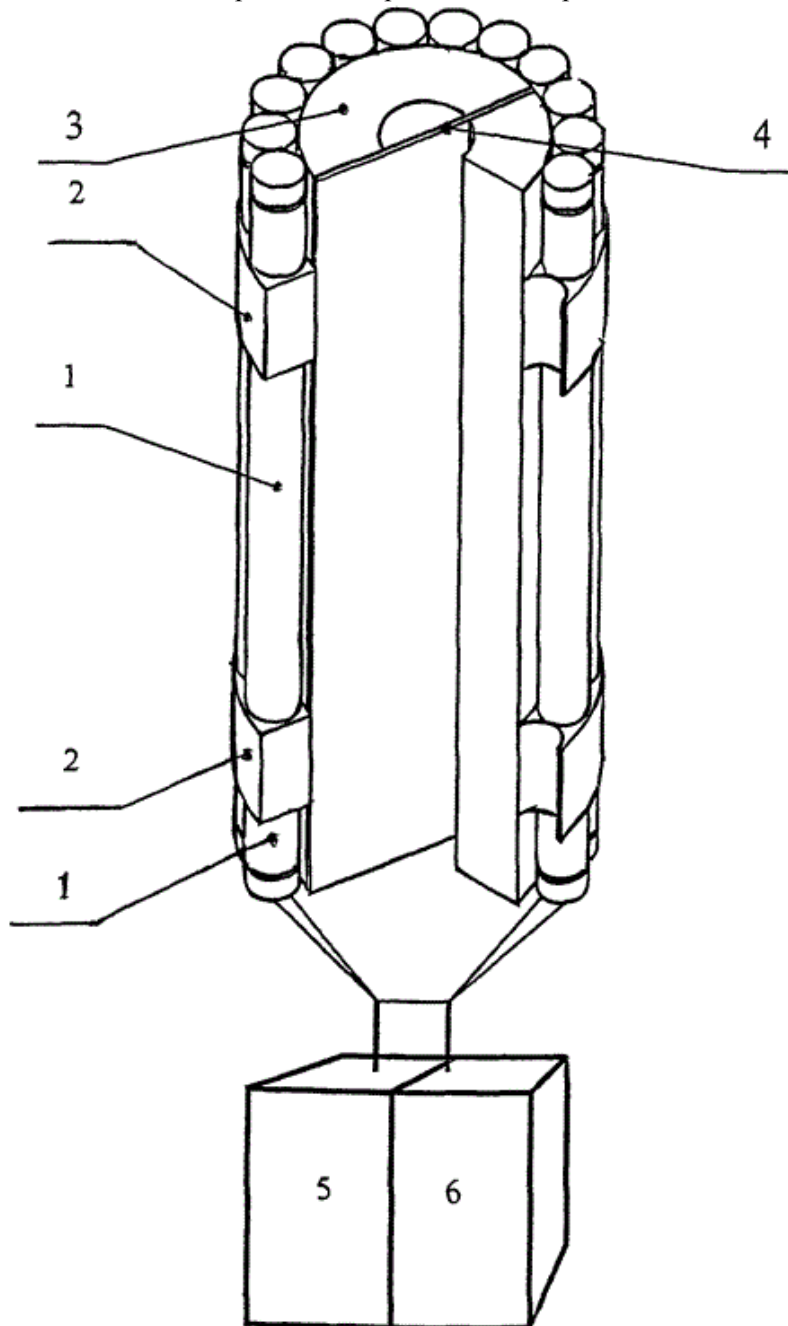
Повышение дальности обнаружения источников нейтронов различного типа, особо источников нейтронов, испускаемых делящимися материалами и изделиями, их содержащими, более эффективно проявляется во время работы на открытых морских акваториях при использовании корабельных носителей, поскольку в этих условиях в чисто воздушной среде нет дополнительных рассеивателей и поглотителей нейтронов, (отсутствуют строения, лесные массивы, как это имеет место в случае наземного радиационного мониторинга), а водная поверхность служит эффективным отражателем нейтронов

Формула полезной модели

1. Детектор нейтронов, содержащий размещенные в едином корпусе параллельно друг другу газоразрядные ^3He -счетчики и замедлитель нейтронов из водородсодержащего материала, выполненный в виде составного полого цилиндра, состоящего из прижатых друг к другу полуцилиндров, причем газоразрядные счетчики размещены на их внешней стороне в один или два слоя вокруг боковой поверхности каждого из полуцилиндров, а также содержащий модуль управления и обработки сигналов, отличающийся тем, что дополнительно содержит размещенный между полуцилиндрами замедлителя отражатель-размножитель нейтронов.

2. Детектор нейтронов по п.1, отличающийся тем, что отражатель-размножитель нейтронов изготовлен в виде двухслойной пластины, состоящей из слоя тяжелого

металла и слоя бериллийсодержащего материала.



ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

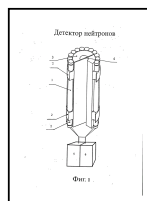
Реферат:



Описание:



Рисунки:



ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **27.09.2012**

Дата публикации: [20.07.2013](#)